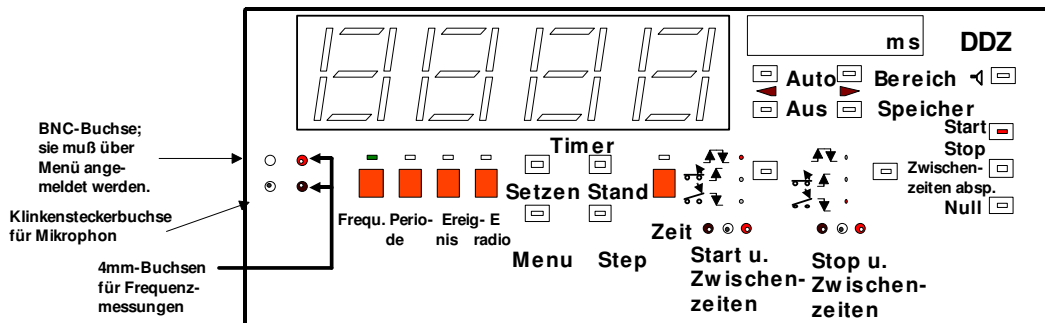


## Versuche mit dem Steingegermesssystem<sup>1</sup>

Die folgende Zusammenstellung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit und Trivialanwendungen wie Zeitmessung mit dem DDZ sind nicht eigens angeführt.

### 1. Mechanik – Akustik

#### 1.1 Zusammenhang zwischen der Frequenz $f$ und der Schwingungsdauer $T$



Die Einsatzmöglichkeiten sind unterschiedlich (Einführen der Frequenz  $f$  oder Zusammenhang zwischen der Frequenz  $f$  und Schwingungsdauer  $T$ ) und erfordern entsprechende didaktische Überlegungen. Hier eine Kurzbeschreibung, die je nach Einsatzart modifiziert werden muss.

Man baut ein Fadenpendel auf und positioniert die Lichtschranke in der Ruhelage des Pendels. Der Signalausgang sowie der Masseausgang der Lichtschranke werden direkt mit den 4 mm - Buchsen des DDZ für Frequenzmessungen verbunden (dicke Linien). Das Gerät zeigt bei Betätigen der Taste Frequenz die doppelte Frequenz (oder bei Ereignis/s doppelte Zahl der Ereignisse) und bei Betätigen der Taste Periode die halbe Periodendauer an (Systematische Fehler, die sich gegenseitig kompensieren.). Es ist zu beachten, dass die Lichtschranke so positioniert wird, dass die Abweichungen pro Halbschwingung nicht zu groß sind (Eventuell kann man jeweils den Mittelwert bilden.) Eine Messung in Dachau hat folgende Werte ergeben:

$f$ in Hz	1,12	1,29	1,40	1,67	2,02
$T$ in s	0,89	0,78	0,73	0,60	0,50
$f \cdot T$	1,00	1,01	1,01	1,00	1,01

Selbstverständlich lässt sich die Anordnung auch beim Thema „Arbeitsweise der Physik am Beispiel des Fadenpendels“ einsetzen, jedoch sollte man hier auf die Verdoppelung der angezeigten Zeit  $t$  eingehen. (Anschluss der Lichtschranke an Start - Stoppbuchsen, wobei „rot“ durchgeschleift werden muss)

#### 1.2 Hörbereich des Menschen

Man schließt den Frequenzgenerator direkt an die 4 mm - Buchsen für Frequenzmessung an der DDZ - Frontansicht an und betätigt die Taste Frequenz.

Es ist darauf zu achten, dass der Lautsprecher einen Frequenzgang von 20 Hz bis 20 kHz besitzt und der Pegel nicht zu niedrig für die Messung im DDZ wird. Ablesungen von der Anzeige des Frequenzgenerators erübrigen sich somit.

Die Frequenz von Stimmgabeltönen wird mit Hilfe eines Mikrophons gemessen. Je nach Stecker am Mikrophon können wieder die 4 mm - Buchsen oder die Klinkenstecker- oder BNC - Buchse benutzt werden.

<sup>1</sup>

### 1.3 Messung der Schallgeschwindigkeit

Man schließt zwei Mikrophone, die einen Abstand von 3,0 m zueinander haben und hintereinander angeordnet sind, an die Start - Stoppbuchse des DDZ an und betätigt die Zeittaste. Die allgemeine Geräuschkulisse im Raum sollte jedoch nicht zu hoch sein. Zwei Stativstangen sollte man möglichst prellfrei einmal zusammenschlagen. Am DDZ wird die Laufzeit angezeigt, wobei die Anzeigegenauigkeit durch die Taste Bereich verändert werden kann. Mehrmalige Zeitmessungen können mit Hilfe des Speichers durchgeführt werden.

### 1.4 Einführung der physikalischen Größe Drehmoment M

Kraftmesser an das DDM anschließen und einschalten. Am Messgerät erscheint die Einheit N. Bei einem zweiseitigen Hebel ist ein Körper mit der Masse 100g im Abstand von 40 cm von der Drehachse angehängt worden. Der Kraftmesser des DDM wird in verschiedenen Abständen zur Drehachse eingehängt. Da „kaum“ eine sichtbare Dehnung erfolgt, erübrigt sich ein mühevolltes Justieren des Hebels in waagrechter Lage. Eine Messung hat folgende Messreihe ergeben:

$F_1$ in N	$\ell_1$ in m	$F_1 \cdot \ell_1$ in N·m	$F_1 \cdot \ell_1$ in N·m ( $0,100 \text{ kg} \cdot 9,81 \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot \ell_1$ )	$F_2 \cdot \ell_2$ in N·m	$F_2$ in N (Steinegger)	$\ell_2$ in m
1,0	0,40	0,40	<b>0,39</b>	0,39	0,81	0,48
1,0	0,40	0,40	<b>0,39</b>	0,39	0,97	0,40
1,0	0,40	0,40	<b>0,39</b>	0,38	1,20	0,32
1,0	0,40	0,40	<b>0,39</b>	0,39	1,63	0,24
1,0	0,40	0,40	<b>0,39</b>	0,39	2,45	0,16

Berechnet man  $F_1$  exakt mit  $m \cdot g$  ( $g = 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ ), erhält man für  $F_1 \cdot a_1$  die fett und kursiv gedruckten Produkte.

Körper, an denen eine größere Gewichtskraft angreift, sollte man bei gleich bleibendem Hebelarm nicht verwenden, weil dann die Abweichung noch größer wird, wenn man ohne den exakten Wert der Erdbeschleunigung arbeitet.

Hier ist eine weitere Messtabelle:

$F_1$ in N	$\ell_1$ in m	$F_1 \cdot \ell_1$ in N·m	$F_1 \cdot a_1$ in N·m ( $m_1 \cdot g \cdot \ell_1$ )	$F_2 \cdot \ell_2$ in N·m	$F_2$ in N	$\ell_2$ in m
1,5	0,40	0,60	<b>0,59</b>	0,58	1,21	0,48
1,5	0,40	0,60	<b>0,59</b>	0,59	1,48	0,40
1,5	0,40	0,60	<b>0,59</b>	0,59	1,84	0,32
1,5	0,40	0,60	<b>0,59</b>	0,59	2,45	0,24
1,5	0,40	0,60	<b>0,59</b>	0,59	3,70	0,16

### 1.5 Einführung der physikalischen Größe Arbeit

Ein Wagen wird über verschieden geneigte schiefe Ebenen mit gleicher Höhe langsam hochgezogen, wobei der Steinegger - Kraftmesser dazwischen geschaltet wird. Ein kleines Manko des Gerätes sind die relativ kurzen Anschlusskabel, die den Aktionsradius etwas einengen. Notfalls an Klinkenstecker ein Verlängerungskabel anstecken.

### 1.6 Weitere Anwendungsmöglichkeiten für den Kraftmesser bei Reibung, Schwerpunkt, schiefer Ebene, Seilmaschinen usw.

### 1.7 Schweredruck in Flüssigkeiten mit freier Oberfläche

An das DDM wird ein Druckmessadapter (relativ - Eingang B) angeschlossen. Über Menu-Taste kann man die Druckeinheit anwählen.

**1.8 Luftdruckmessung**  
Druckmessadapter absolut

**1.9 Auftrieb in Flüssigkeiten**

DDM und Kraftmesser

**1.10 Geradlinige Bewegung unter Einwirkung einer konstanten Kraft**

**Achtung:** Nicht die Zeiten  $t$ , sondern der Weg  $s$  ist vorgegeben. Dies stellt sowohl bei der numerischen Auswertung bezüglich der Quotientenbildung als auch bei der graphischen Auswertung eine Ausnahme dar.

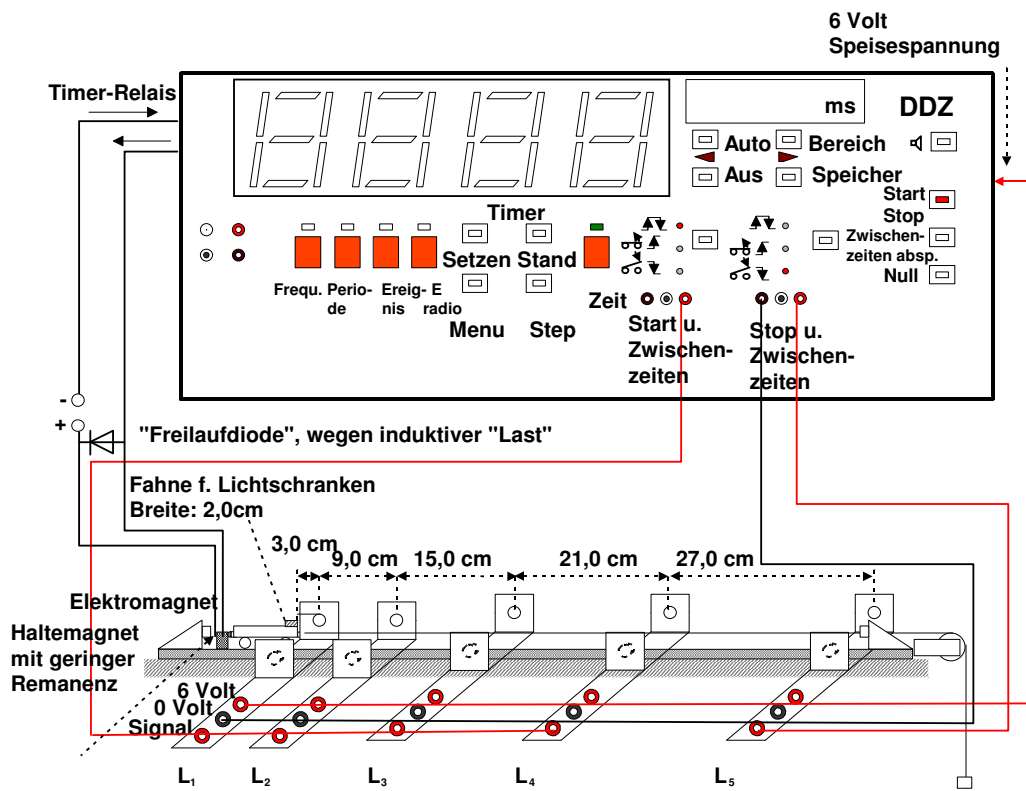
In der Physik erfolgt die Quotientenbildung prinzipiell wie folgt:  $\frac{\text{abhängige Größe}}{\text{unabhängige (freigewählte) Größe}}$

Bei der graphischen Auswertung erscheint prinzipiell die abhängige Größe an der senkrechten, die frei gewählte an der waagrechten Achse.

Steingegeräte: DDZ und 5 Lichtschranken – Freilaufdiode wegen Elektromagnet – Timereinstellung je nach Auslesedauer, z.B. 60 s

Aufbau: HO-Spur - Flexgleis, Roco-Niederbordwagen (m = 40 g - Eisenplatte herausgenommen)

Antriebsmasse: m = 0,0030 kg; Antriebskraft:  $F_{\text{Antrieb}} = 0,029 \text{ N}$



Unterlegte Tabellenteile berücksichtigen das Kalkül der gültigen Ziffern

1. Messung

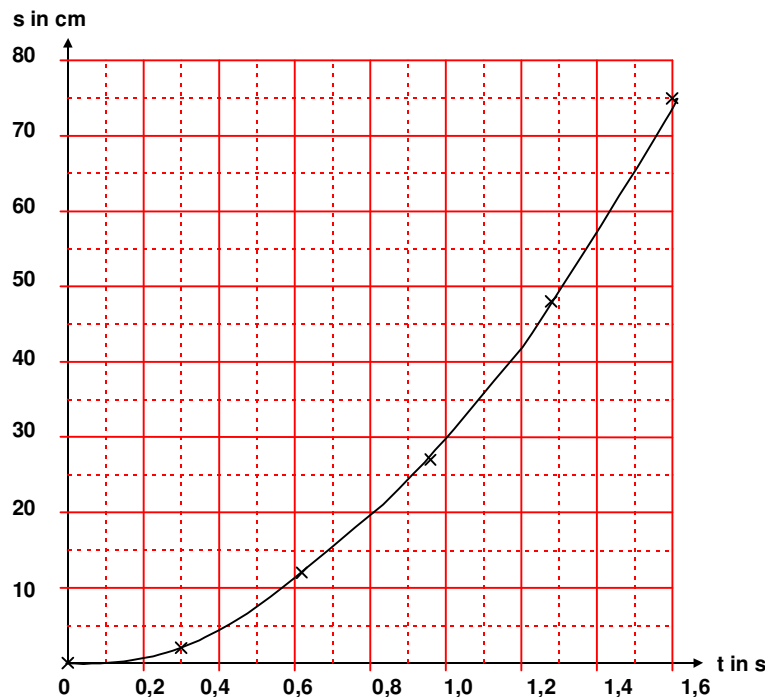
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>
s in m	0	0,030	0,120	0,270	0,480	0,750
t in s	0	0,3128	0,6324	0,9599	1,284	1,605
t <sup>2</sup> in s <sup>2</sup>	0	0,09784384	0,39992976	0,92140801	1,648656	2,576025
t <sup>2</sup> in s <sup>2</sup>	0	0,09784	0,3999	0,9214	1,649	2,576
$\frac{s}{t^2}$ in $\frac{m}{s^2}$	/	0,3066230581	0,3000750188	0,2930323421	0,2910855064	0,2911490683
$\frac{s}{t^2}$ in $\frac{m}{s^2}$	/	0,31	0,30	0,293	0,291	0,291

2. Messung

s in m	0	0,030	0,120	0,270	0,480	0,750
t in s	0	0,3135	0,6347	0,9651	1,291	1,614
t <sup>2</sup> in s <sup>2</sup>	0	0,09828225	0,40284409	0,93141801	1,666681	2,604996
t̄ <sup>2</sup> in s <sup>2</sup>	0	0,09828	0,4028	0,9314	1,667	2,605
$\frac{s}{t^2}$ in $\frac{m}{s^2}$	/	0,3052503053	0,2979145978	0,2898861928	0,2879424115	0,2879078695
$\frac{s}{t^2}$ in $\frac{m}{s^2}$	/	0,31	0,298	0,290	0,298	0,298

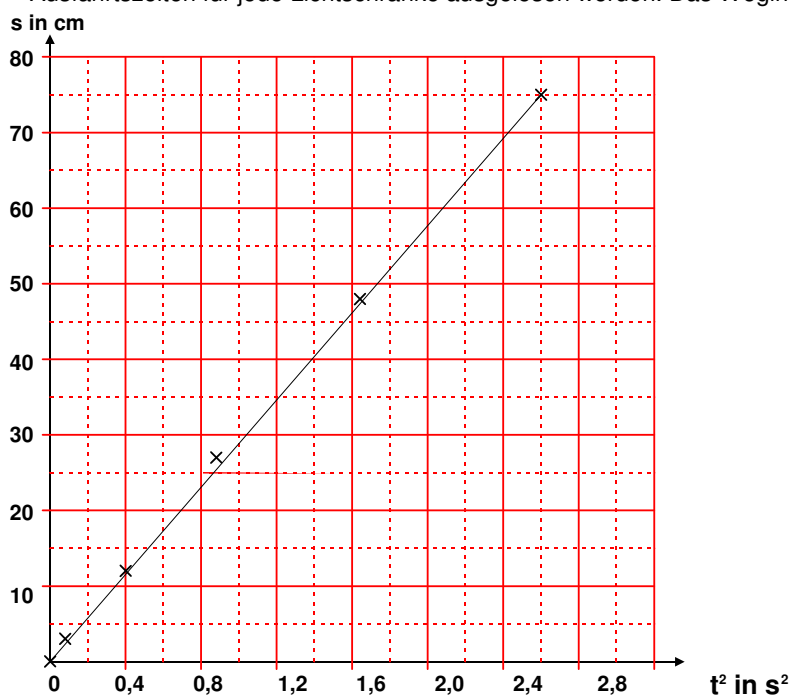
Graphische Auswertung der 1. Messung

**s-t-Diagramm:**

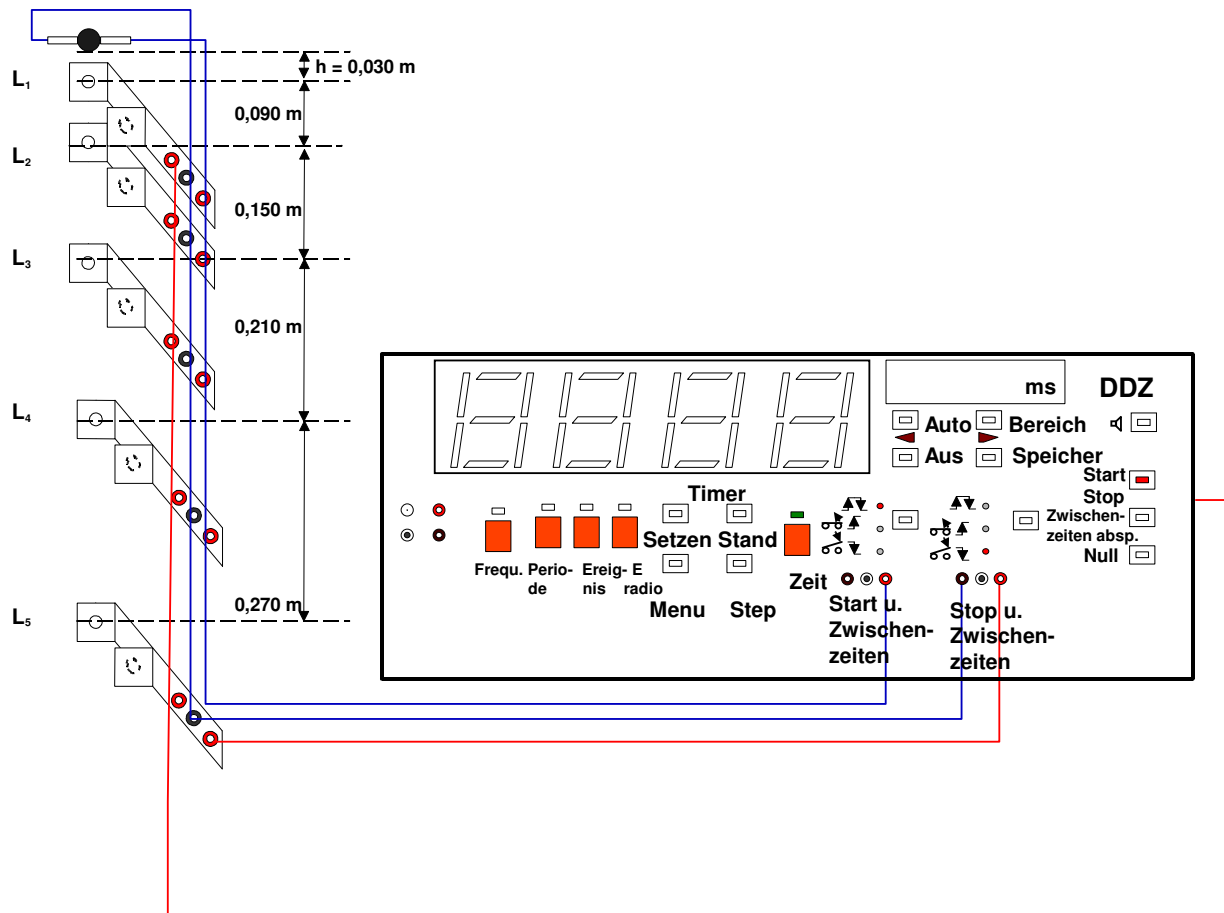


**s-t<sup>2</sup>-Diagramm:**

Mit obigem Aufbau kann auch ein Momentangeschwindigkeits - Zeit - Diagramm erstellt werden. Man muss nur bei den Lichtschranken für Zwischenzeiten auf steigende und fallende Flanke umschalten. Über den Speicher können Einfahrts- und Ausfahrtszeiten für jede Lichtschranke ausgelesen werden. Das Wegintervall ergibt sich aus der Breite der Papierfahne (im Beispiel 2,0 cm).



**1.11 Freier Fall**  
Aufbau:



Mit der Auslösung des Falles („Phywestarter“ 02502.00) wird die Uhr in Gang gesetzt und mit fünf Lichtschranken messen wir fünf Eintritts- und vier Austrittszeiten einer Stahlkugel (Taste f. steigende und fallende Flanke bei Zwischenzeiten betätigen), so dass eine Gruppe nach Weg-Zeit, die andere nach Momentangeschwindigkeit-Zeit auswertet.

Messbeispiel:

Die numerische Auswertung lieferte für Gruppe I:

	Start	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>
h in m	0	0,030	0,120	0,270	0,480	0,750
t in s	0	0,0802	0,1580	0,2353	0,3128	0,3925
t <sup>2</sup> in s <sup>2</sup>	0	0,00643	0,02496	0,05537	0,09784	0,1541
$\frac{h}{t^2}$ in $\frac{m}{s^2}$	/	4,7	4,81	4,88	4,91	4,87

Die numerische Auswertung liefert für Gruppe II:

	L <sub>1</sub>		L <sub>2</sub>		L <sub>3</sub>		L <sub>4</sub>	
$\Delta s = d_{Kugel}$ in m	0,0175		0,0175		0,0175		0,0175	
t in s	0,0802		0,1580		0,2353		0,3128	
t <sub>ein/aus</sub> in s	0,0802	0,1017	0,1580	0,1690	0,2353	0,2425	0,3128	0,3182
$\Delta t$ in s	0,0215		0,0110		0,0072		0,0054	
v <sub>M</sub> in $\frac{m}{s}$	0,814		1,59		2,4		3,2	
$\frac{v_M}{t}$ in $\frac{m}{s^2}$	10,1		10,1		10		10	

## 2. Wärmelehre

### 2.1 Temperaturmessungen mit dem Pt 100 Fühler in der gesamten Wärmelehre

Temperaturen können in der Einheit ° Celsius oder durch Umschalten in Kelvin abgelesen werden..

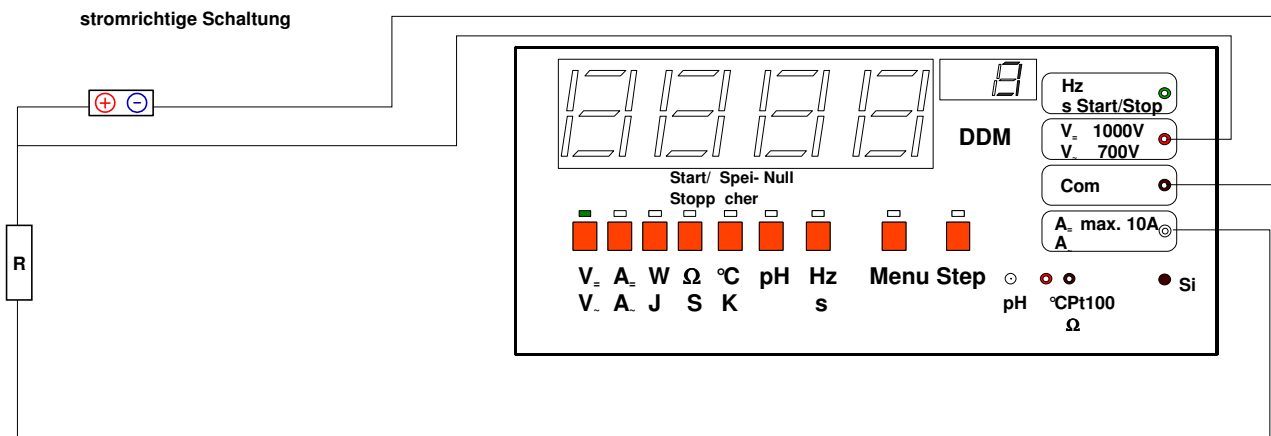
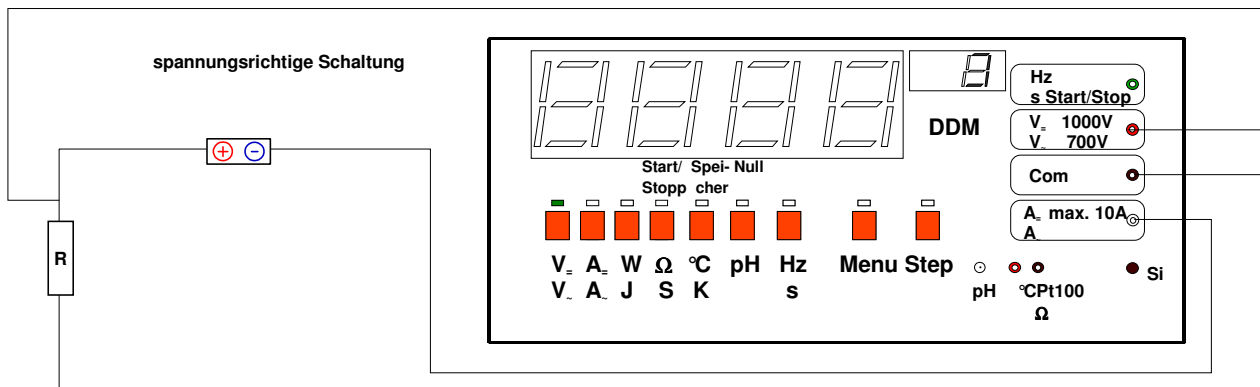
### 2.2 Druckabhängigkeit des Siedepunktes von Flüssigkeiten

„Käseglocke“ und „Platte“ mit Kabelsteckverbindung bzw. -durchführung, T-Stück an Pumpe, Abzweig führt zu Druckadapter absolut, mit Schlaucholive kann der unterschiedliche Innendurchmesser der Anschlusschläuche angepasst werden; Temperaturfühler in Flüssigkeit, Multiplexbetrieb für Druck und Temperatur der siedenden Flüssigkeit.

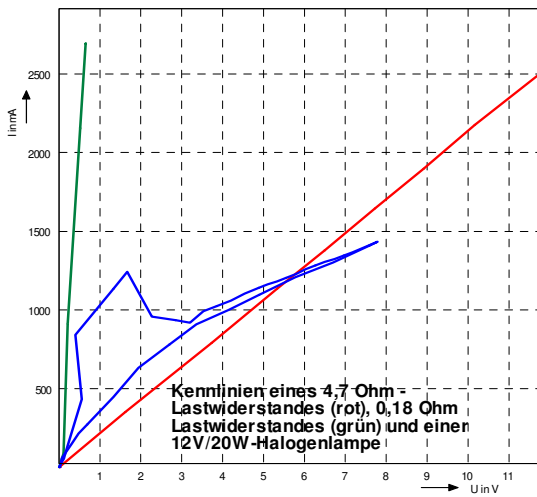
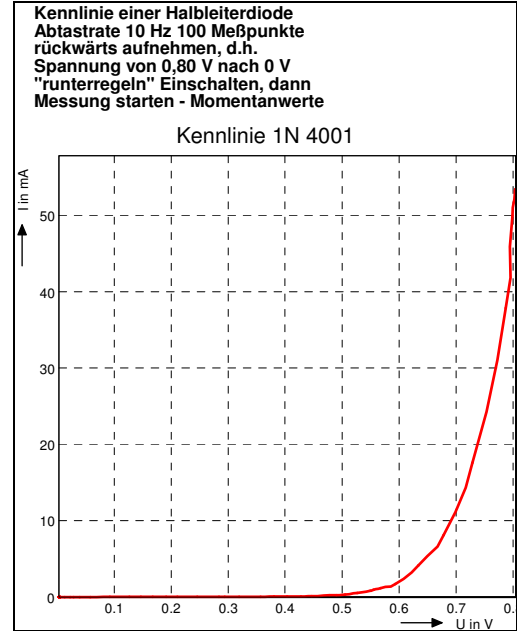
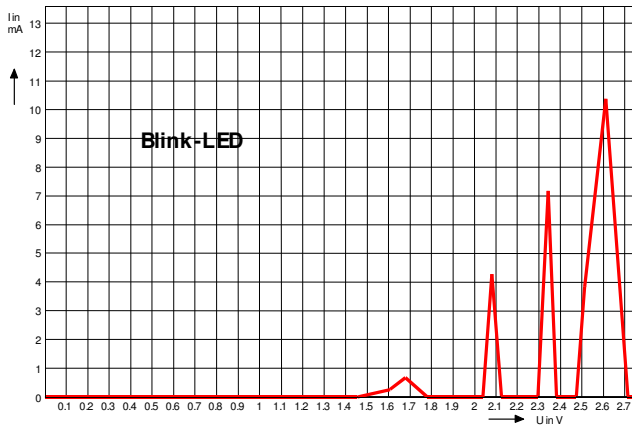
## 3. Elektrizitätslehre

### 3.1 Kennlinien von Leitern

Mit einem DDM kann auf Grund der Verkabelung sowohl die Stromstärke als auch die Spannung gemessen werden. Die Werte für die beiden Größen können durch Umschalten angezeigt und abgelesen werden. Strom- und spannungsrichtige Schaltung sind möglich, wobei die spannungsrichtige Schaltung beim Umschalten auf Stromstärkemessung ein Minuszeichen hat; wenn dies stört, eventuell Minuszeichen überkleben.

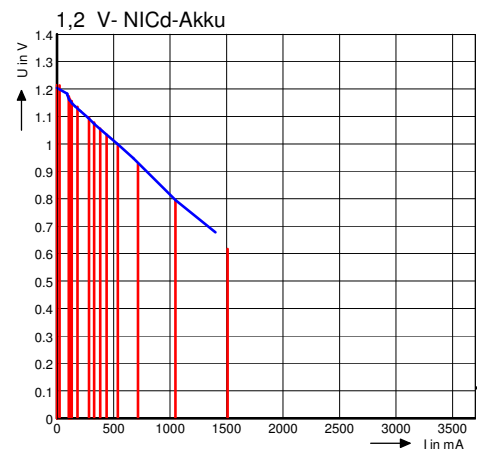
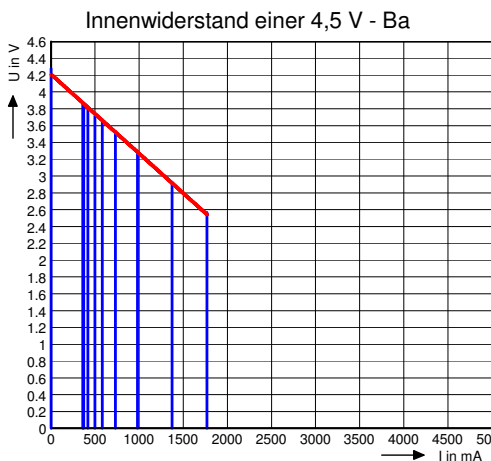


Aufgenommen mit früherer Software „Daeve, **stromrichtig geschaltet**



### 3.2 Innenwiderstand von Elektrizitätsquellen

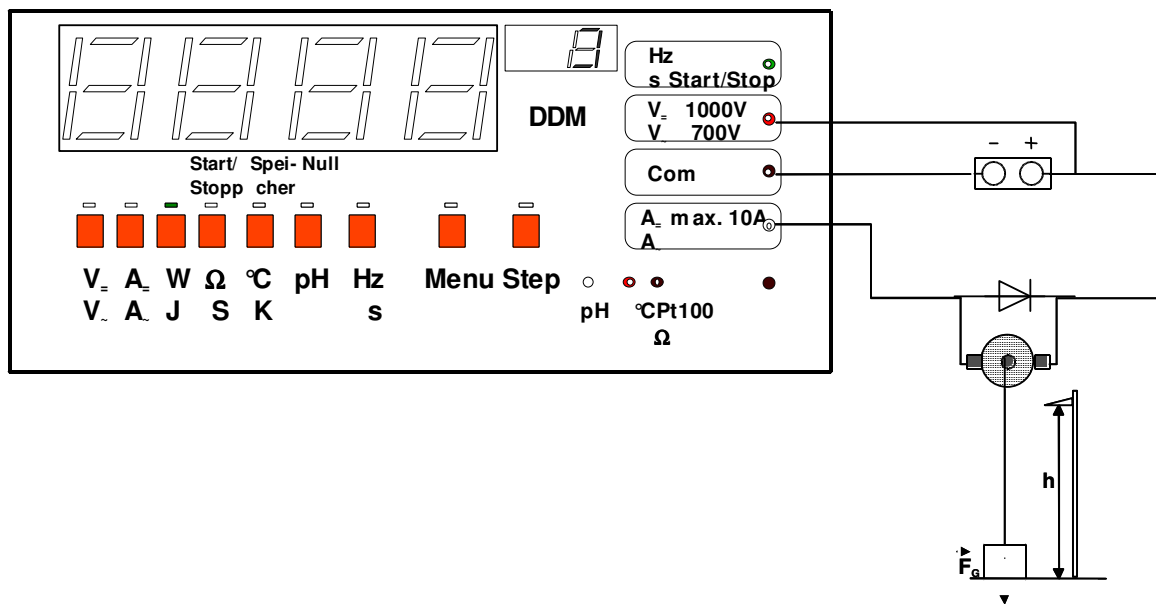
siehe Computerdiagramme für ältere 4,5 V - Flachbatterie und NiCd - Mignonakku  
 (verschiedene Darstellungsarten in den Diagrammen)



### 3.3 Leistungsmessung von Geräten für Netzanschluss - keine Umschaltung Wechselspannung oder -strom nötig

Wie bei Kennlinien von Leitern bereits ausgeführt, wird das DDM sowohl als Spannungs- als auch als Strommessgerät angeschlossen (siehe Schaltplan zur Bestimmung des Wirkungsgrades eines Elektromotors). Es kann auch strom- und spannungsrichtig gemessen werden, wobei bei spannungsrichtiger Verkabelung die Leistung mit einem Minus angezeigt wird (eventuell überkleben). Anders als bei den Leistungs- und Energiemessgeräten der bekannten Lehrmittelfirmen wird hier die Spannung tatsächlich gemessen. Auch können vor allem Energiewandler für Netzspannung angeschlossen werden. Es muss lediglich darauf geachtet werden, dass der Nullleiter an der Buchse „Com“ angeschlossen wird. Vorsicht bei induktiven „Lasten“. Schutzmaßnahmen siehe folgender Versuch oder Handbuch

### 3.4 Wirkungsgrad von Elektromotor oder Tauchsieder (stromrichtige Schaltung)



Mit einem DDM neueren Datums ( ab 07.97) kann auch die elektrische Energie (elektrische Arbeit) gemessen werden. Die Zeit  $t$  wird über Start und Stopp verifiziert. Hier wird gemäß Schaltplan stromrichtig gemessen. Bei großen Elektromotoren für Gleichstrom sollte jedoch eine **Freilaufdiode** parallel geschaltet werden, bei Wechselstrommotoren ist ein RC-Glied parallel anzuschließen ( $R \approx 20 - 50 \Omega$ ,  $C \approx 0,1 - 0,3 \mu F$  /  $U_{\text{Kondensator}} \approx 500V$  und höher; die induzierte Spannung sollte  $1kV$  nicht überschreiten.). Diese Schutzmaßnahmen sollten auch bei Strom- und Spannungsmessungen an induktiven Bauteilen nicht fehlen. Beim Abrufen der Stromstärke oder Spannung durch Tastendruck und Überprüfung der Leistungsanzeige muss man beachten, dass bei induktiven Lasten eine Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung auftritt. Das Gerät zeigt die **Wirkleistung** an.

Messbeispiel mit dem Phywemotor für  $12V_{\text{=}}$  (11610.00)

$F_G = 9,81 \text{ N}$ ;  $h = 0,90 \text{ m}$        $W_{\text{el}} = 32,72 \text{ J}$

$$\eta = \frac{9,81 \text{ N} \cdot 0,90 \text{ m}}{32,72 \text{ J}} \quad \eta = 0,27$$

Statt des Elektromotors kann man auch einen Tauchsieder oder eine Heizplatte anschließen. Da die gewandelte Energie als Wärme an einen Körper abgegeben wird und somit eine Temperaturmessung beim Körper unumgänglich ist, kann an das DDM ein PT 100 - Fühler angeschlossen werden, und im „manuellen“ Multiplexbetrieb durch Betätigung der Tasten können alle Größen abgerufen bzw. angezeigt werden.



### 3.5 Nachweis der Frequenzgleichheit beim Transformator - Leistungsbilanz beim Transformator

Man schließt das DDM nach Betätigen der Frequenztaaste mit zwei etwas längeren Kabeln primärseitig, sodann sekundärseitig an.

Leistungsbilanz beim Transformator:

Steinegger-P  $\hat{=}$  Messung der Wirkleistung mit DDM der Fa. Steinegger (*Leistungstaste betätigen.*)

Stein- I und U  $\hat{=}$  Messung der Effektivstromstärke und Effektivspannung mit DDM der Fa. Steinegger

Digitalmessgeräte. v. Phywe  $\hat{=}$  Messung der Stromstärke und der el. Spannung mit zwei Digitalmessgeräten der Fa. Phywe (11160.00)

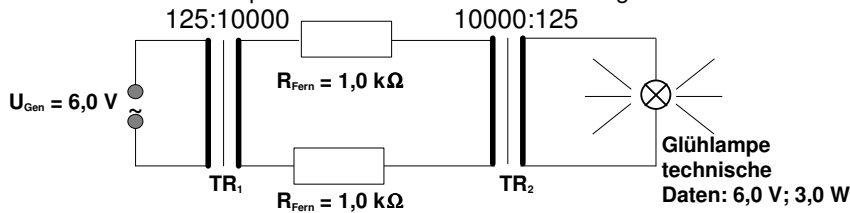
Aufbau: 12V - Trafo der Fa. Leybold als Elektrizitätsquelle (56273) -  $n_p:n_s = 250:125$

Lampe	Messgeräte	$U_p$ in V	$I_p$ in A	$P_p$ in W	$P_s$ in W	$U_s$ in V	$I_s$ in A	$\eta$	$\varphi_p$ in °
6V/3W	Steinegger -P	--	---	3,18	2,56	---	---	0,805	
6V/3W	Steinegger -I und U	12,22	0,298	3,64	2,56	5,51	0,465	0,703	29
6V/5A	Steinegger -P	---	---	4,9	2,34	---	---	0,48	
6V/5A	Steinegger - I und U	11,94	1,18	14,1	2,33	1,059	2,22	0,165	70
6V/5A	Digitalmessgeräte v. Phywe	12,8	1,16	14,0	2,33	1,06	2,20	0,166	

Ohne exakte Erfassung der Wirkleistung erhält man bei Leistungs- und Energiemessungen meist sehr schlechte Wirkungsgrade, da die Phasenverschiebung zwischen Spannung und Stromstärke unberücksichtigt bleibt (siehe Lampe 6V/5A - 37% gegen 21 %!!!)

Analog führt die Leistungsmessung bei der Übertragung elektrischer Energie ebenfalls zu besseren Wirkungsgraden.

In einem Versuch entsprechend der Schaltskizze sind folgende Messwerte ermittelt worden:



	$U_{Gen}$ in V	$I_{Gen}$ in A	$P_{Gen}$ in W	$U_F$ in V	$I_F$ in A	$P_F$ in W	$U_L$ in V	$I_L$ in A	$P_L$ in W	$\eta$
Digitalmessgeräte der Fa. Phywe	6,22	0,783	4,87	12,6	0,00626	0,0789	3,92	0,386	1,51	<b>0,310</b>
Leistungsmessung mit Steinegger-DDM			2,90			0,0790			1,60	<b>0,551</b>

Bei den Messungen der Stromstärken und der Spannungen mit Einzelgeräten wird die Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung nicht berücksichtigt.

### 3.6 Einführung der elektrischen Spannung über Energiemessung(black box) - Versuch mit Glühlampen

Vorbemerkung:

Da mit einer Heizspirale als Energiewandler und mit einem Ni-Cd-Akku als Elektrizitätsquelle zum einen ungünstige Ergebnisse für die elektrische Spannung einer oder mehrere Zellen ermittelt werden und zum anderen die drei Versuchsreihen sehr viel Zeit in Anspruch nehmen, sei als Alternative der Einsatz eines Leistungs- und Arbeitsmessgerätes als black box vorgestellt. Dies ist aus didaktischen Überlegungen heraus gerechtfertigt, da im Physikunterricht sehr häufig Messgeräte eingesetzt werden, deren Funktionsweise den Schülern nicht bekannt ist.

Dies erfordert natürlich einen kleinen Vorversuch, bei welchem dem Schüler gezeigt wird, dass dieses Gerät die elektrische Arbeit messen kann.

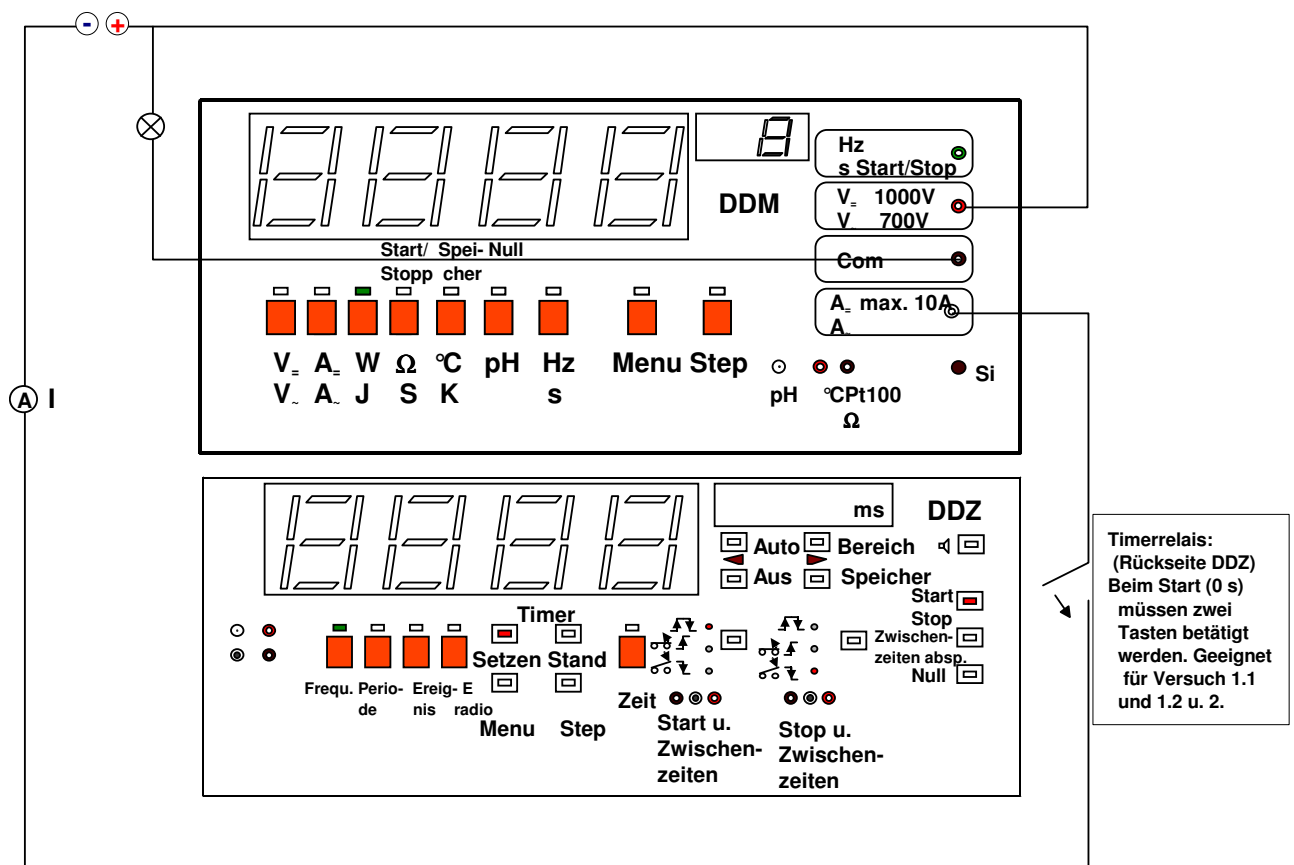
Im Folgenden werden das DDM und das DDZ der Fa. Steinegger verwendet, die im Grunde alle zu messenden Größen wie elektrische Arbeit, Stromstärke und Zeit anzeigen können. Aus didaktischen Gründen könnte es jedoch sinnvoller sein, ein separates Strommessgerät sowie eine Stoppuhr zu verwenden. Bei Verwendung des DDM der Fa. Steinegger als einziges Gerät könnte man das Argument eines Zirkelschlusses anführen. Die folgenden Versuchsreihen zielen darauf ab, nachdem man den Spannungsbegriff propädeutisch gewonnen hat, ihn zu quantifizieren.

- **1. Etappenziel:** Der Quotient  $\frac{W_{el}}{Q}$  ist für eine Elektrizitätsquelle charakteristisch und unabhängig vom angeschlossenen Energiewandler.

**Zusammenhang zwischen der von Elektrizitätsquellen verrichteten Arbeit und der transportierten Ladungsmenge  $Q = I \cdot t$**

Messung der elektrischen Arbeit  $W_{el}$  und Berechnung der transportierten Ladungsmenge  $Q = I \cdot t$

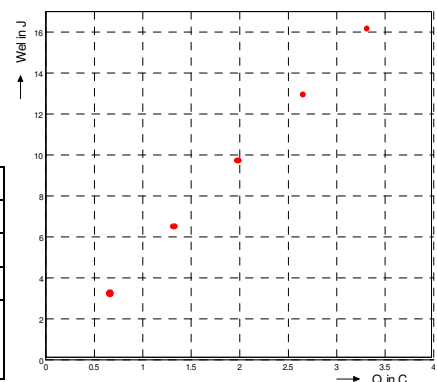
Aufbau: (spannungsrichtige Schaltung – Minuszeichen bei Leistung und Energie, wenn dies stört, dann das Vorzeichen überkleben.)



**Versuch 1.0** Wir untersuchen, ob zwischen der von Elektrizitätsquellen verrichteten elektrischen Arbeit und der transportierten Ladungsmenge  $Q = I \cdot t$  ein Zusammenhang besteht.

**Versuch 1.1** Wir untersuchen, wie die elektrische Arbeit, die eine bestimmte Elektrizitätsquelle an den Ladungen verrichtet, von der transportierten Ladung  $Q = I \cdot t$ , wobei die elektrische Arbeit im angeschlossenen Energiewandler gemessen wird.

I in A	0,0443				
t in s	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Q in C	0,665	1,33	1,99	2,66	3,32
$W_{el}$ in J	3,22	6,45	9,67	12,90	16,13
$\frac{W_{el}}{Q}$ in $\frac{J}{C}$	4,84	4,85	4,86	4,85	4,86



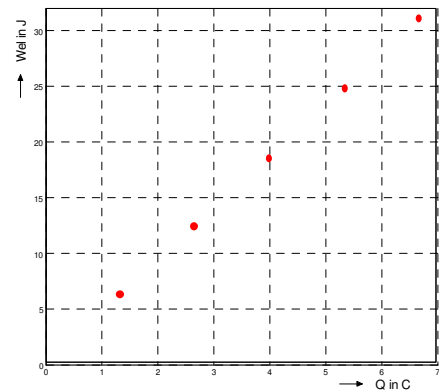
$$\overline{\left(\frac{W_{el}}{Q}\right)} = 4,85 \frac{J}{C}$$

Ergebnis:  $W_{el} \sim Q \Leftrightarrow \frac{W_{el}}{Q} = \text{const}$

Die von der Elektrizitätsquelle an den Ladungsträgern verrichtete elektrische Arbeit bzw. die von den Ladungsträgern verrichtete elektrische Arbeit  $W_{el}$  ist direkt proportional zur transportierten Ladungsmenge  $Q$ .

**Versuch 1.2:** Wir untersuchen, wie die elektrische Arbeit, die eine bestimmte Elektrizitätsquelle an den Ladungen verrichtet, von der transportierten Ladung  $Q = I \cdot t$ , wobei die elektrische Arbeit in einem anderen angeschlossenen Energiewandler gemessen wird.  
(Flachbatterie, Glühlämpchen (6V/ 0,6W)

I in A	0,0891				
t in s	15,00	30,00	45,00	60,00	75,00
Q in C	1,34	2,67	4,01	5,35	6,68
$W_{el}$ in J	6,29	12,35	18,49	24,71	31,06
$\frac{W_{el}}{Q}$ in $\frac{J}{C}$	4,69	4,62	4,61	4,62	4,64



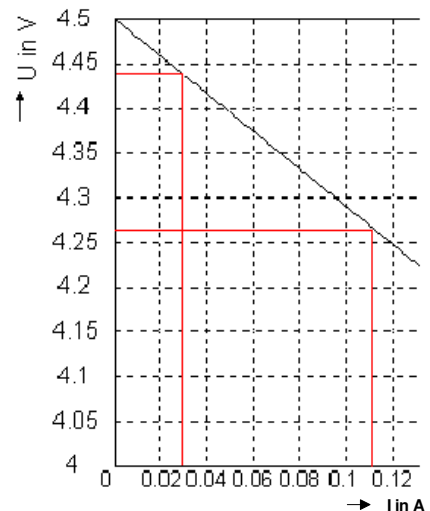
$$\overline{\left(\frac{W_{el}}{Q}\right)} = 4,64 \frac{J}{C} = 4,64 \frac{J}{A \cdot s}$$

Ergebnis:  $W_{el} \sim Q \Leftrightarrow \frac{W_{el}}{Q} = \text{const}$ , d.h., die von der Elektrizitätsquelle an den Ladungen verrichtete Arbeit ist (weitgehend) unabhängig von angeschlossenen Energiewandlern.

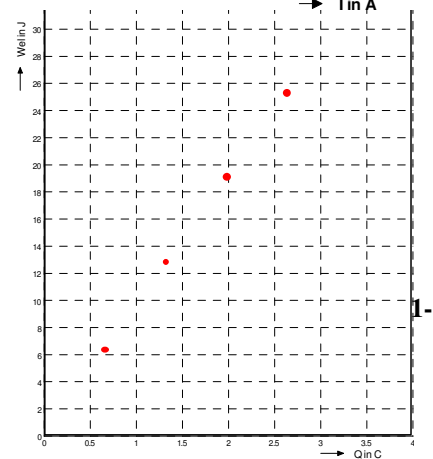
Der Quotient  $\left(\frac{W_{el}}{Q}\right)$  ist für eine bestimmte Elektrizitätsquelle charakteristisch und kann als deren Antriebsstärke für die elektrischen Ladungen betrachtet werden.

**Anmerkung:**

Beim Versuch 1.2 kann der Quotient nur näherungsweise gleich dem in 1.1 sein., da auf Grund der anderen Belastung der Innenwiderstand der Elektrizitätsquelle eine Rolle spielt (siehe Diagramm mit einem angenommenen Innenwiderstand von 2,1  $\Omega$ ) Differenzen bis zu 0,17 V sind in der angegebenen Messreihe möglich.



- 2. Etappenziel:** Zwei gleiche Elektrizitätsquellen werden hintereinander geschaltet. Ist zu erwartender Wert des Quotienten  $\frac{W_{el}}{Q}$  doppelt so groß ?



**Versuch 2:** zwei 4,5 V-Batterien in Reihe, Glühlampe (6V/ 0,3W)

I in A	0,0442 A				
t in s	15,00	30,00	44,96	60,00	75,00
Q = I·t in C	0,663	1,33	1,99	2,65	3,32
W <sub>el</sub> in J	6,31	12,77	19,00	25,25	31,71
$\frac{W_{el}}{Q}$ in $\frac{J}{C}$	9,52	9,60	9,55	9,53	9,55

$$\overline{\left(\frac{W_{el}}{Q}\right)} = 8,98 \frac{J}{C}$$

**Ergebnisse:**

1.  $W_{el} \sim Q \Leftrightarrow \frac{W_{el}}{Q} = \text{const}$
2. Die Konstante ist näherungsweise doppelt so groß wie die einer Elektrizitätsquelle, d.h. von der Elektrizitätsquelle, aus zwei gleichen Batterien bestehend, wird an der Ladungsmenge Q die doppelte Arbeit verrichtet.

Der Quotient aus der verrichteten elektrischen Arbeit und der transportierten Ladung ist für jede Elektrizitätsquelle eine charakteristische Konstante; also ist es sinnvoll, die von der Elektrizitätsquelle pro Ladungsmenge Q verrichtete elektrische Arbeit als elektrische Spannung der Elektrizitätsquelle zu definieren, Antriebsstärke für die elektrische Ladung

$$U = \frac{W_{el}}{Q} \quad (\text{oder } U = \frac{P_{el} \cdot t}{I \cdot t} = \frac{P_{el}}{I})$$
$$[U] = 1 \frac{J}{As} = 1 \frac{J}{C} = 1V (1 \text{ Volt})$$

**4. Atom- und Kernphysik-Versuche zur Radioaktivität mit oder ohne Timerbenutzung (DDZ)**

Das Phywe-Zählrohr (09025.11) kann an DDZ angeschlossen werden. Impulsratenmessung und Aufnahme der Zerfallskurve mit Isotopengenerator. Bei fehlerhafter Elektroinstallation der Schule kann beim Anschluss des Phywezählrohrs eine „ständige Ladungsträgerlawine“ auftreten (Abhilfe: Stecker in der Steckdose umdrehen)

**Ausblick:**

- Das Gesetz von Gay-Lussac mit dem „Heizrohr“ von Phywe, wobei das DDM mit Druckmessadapter die Konstanz des Druckes nachweisen könnte bzw. durch Zurechtrücken des Stempels wäre es möglich, einen gleich bleibenden Druck zu realisieren.
- Bei der Glimmentladung ist das DDM mit Druckmessadapter (absolut) als Anzeigegerät für den Druck in der Entladungsröhre wegen der LED-Anzeige hervorragend geeignet. Das „Durchmesserproblem“ der Anschlussflansche kann man durch einen Adapter lösen. Leider muss man mit Unzulänglichkeiten leben, da das Vorsatzgerät kein Feinmanometer ist; die Druckanzeige bis zum Einsetzen der Glimmentladung ( $p \approx 15 \text{ hPa}$ ) ist jedoch möglich.
- Denkbar wäre auch eine Druckmessung beim Ableiten des Boyle-Mariotteschen Gesetzes.
- Mit angebotener Software (siehe Einführung der elektrischen Spannung) können auch Diagramme mit eigenen Messdaten erstellt werden und sind somit jederzeit reproduzierbar (Achtung: Diagramme sind ohne Pfeile an den Achsen usw.)